應用耐風設計規範分析簡易設施結構之研究

張金元

行政院農委會臺中區農業改良場 助理研究員

摘要

臺灣地區已廣泛使用溫室進行花卉及蔬果作物栽培，然地理環境影響常有強風侵襲，對於結構耐風能力不足情況下，常使設施損壞，因此適度提昇設施結構耐風能力，降低固定資本之損失。本研究以建築物耐風設計規範及有限元素分析軟體，進行溫室結構耐風能力分析，作為適度耐風能力提升之設計參考，以對照組及補強模組進行分析，結果顯示，內部無橫向桿件支撐外部結構情況下，在承受側向風力作用時，僅由主骨架組及桁條向骨架所承受，變形量皆較補強模組為大，而內部增加補強結構時，三種補強模組之試驗結果顯示，V 形補強模組變形量為最低，抑制幅度可達 39.3 %，山形模組為三種補強模組中次低，抑制降幅約 33.4 %，倒 T 形模組，抑制降幅約 20.9 %，為補強模組中最低，三種溫室設施內部補強模組，可分擔及傳導受風應力，並且可提升溫室結構整體的鋼性，減少骨架位移的發生，皆可有助於耐風能力的提高。

關鍵詞：溫室、結構、颱風、有限元素法

一、前言

臺灣地區受颱風侵襲機率高，常造成農損，近年來已廣泛使用設施進行栽培，排除不利作物生長之環境因素，而目前國內溫室結構形式多樣，常見之設施型式主體骨架係以管材搭設而成，以塑膠布覆蓋於結構外部，具構造簡單、搭設容易等優點。為瞭解結構受風時，各處之應力應變情況，本研究利用結構分析軟體與建築物耐風設計規範，進行臺灣地區常用之溫室設施結構在受風時之節點應力分析，探討適度提昇設施結構耐風能力之方法，以降低固定資本之損失。

二、材料與方法

(一)溫室結構形式

溫室外型尺寸為屋高 3.55 m、跨距 6 m、屋脊高度 1.8 m、圓拱高度 1.75 m，棟長向長度 20.8 m，具有九組桁條向骨架，主體骨架之管材外徑為 φ= 29.4 mm、厚度 2 mm，主骨架組間距為 0.65 m，並於溫室前、後向之左側及右側處安裝斜撐，管材為一般常用之鍍鋅鋞管，設定為對照組，實際搭建情況如圖 1。由兩支圓拱鍍鋅鋞管與連接套管組裝成一組拱型主骨架組，再以彈簧夾或三通夾片等接合零件與桁條向骨架連接固定，為地上部之固定方式，而拱型主骨架組與地下部之固定方式分為混擬土基礎柱或直接插入土壤中壓實兩種方式，後再以鋼索拉緊骨架結構，使主體結構能以抵抗向上拉拔力及側向風壓力。

(二)分析軟體

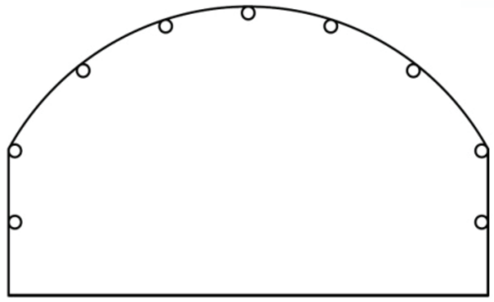
本研究藉由有限元素軟體(ANSYS)分析溫室設施結構，觀察各骨架桿件受力後之變化情況，分析軟體為 ANSYS Workbench 14.0 版本，軟體分析三個步驟分別為前處理、計算分析、後處理。建立分析模型時，首先需將溫室設施結構簡化，由骨架結構之各節點相對位置建立座標 (x,y,z) 系統，輸入至 ANSYS 軟體，以建立各節點，組成一點架構，再將各節點以線連接，而組成一線架構模組，經由線架構指定管材尺寸，以形成主體模型，而各節點及線架構再依據實際狀況設定邊界條件及受力方式，完成溫室設施分析模型建模。

溫室設施結構由管材組裝完成，分析前須先設定機械材料特性，由軟體中內建之材料參數給定彈性係數 E = 210 Gpa (Elastic mosulus,E) 、蒲松比 ν= 0.3 (Possion's,ν)、材料密度 ρ= 7850 kg/m^3 (Density,ρ)、體積彈性模量 Bulk modulus= 175 GPa、剪力模數 Shear modulus= 80.77 GPa、拉伸降伏強度 Tensile Yield Strength= 250 MPa，單位系統為 SI 制 (m、s、kg、N) ，網格尺寸則選用軟體內建之 Medium 級數。邊界條件設計時，因管件係以相關接合零件相互連接，以及基礎部係以混擬土或直接插入土中方式固定，為簡化分析流程，分析時係將各個接合處視為固定接點。

(三)數值分析方法

數值分析模式係採用建築物耐風設計規範(內政部營建署，2006)，進行溫室設施結構受風強度分析，因溫室係由外部被覆物如塑膠膜、玻璃等材料包覆，風壓力係經由外部被覆物傳遞至主要結構骨架系統所承受，而各部受力情況與結構外形有關，須以模型縮尺及風洞模擬試驗求得牆面與屋頂之外風壓係數，再與風壓力公式求得各部受力情況，本文參考建築物耐風設計規範文中之拱形屋頂外風壓係數 Cp，使用於主要風力抵抗系統計算使用，設定每區段骨架為受力單元及其受力大小。

為避免強風吹垮溫室設施，多施以密閉措施，避免風吹入主體結構內而造成破損，因此分析時將建築物視為封閉，故設施內部無風壓量，簡化後之風壓力公式為 P = qGCp，風壓力 P(kgf/m^2)分別為風速壓 q(kgf/m^2)、陣風反應因子 G 及風壓係數 C 之乘積，其中在一般地區之普通建築物陣風反應因子 G = 1.77，整理後式為 P = 1.77 qCp。



對照組

實際搭建情況

圖 1 對照組實際搭建情況

(四)補強模組

本研究以臺灣地區常用之結構形態建模，結構管材以圓形鋞管材搭建，內部無補強管件設定為分析對照組，並設計倒 T 型、V 型、山型之三種補強模組進行施作及建模，探討補強模組對於結構受力之耐風能力，補強模組配置情況如圖 2。

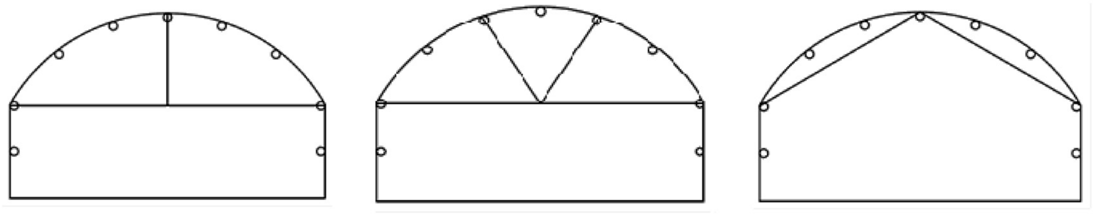
三、結果

(一)溫室設施受風之變形量

溫室設施結構內部無補強管件之分析結果顯示，以中央位置之主骨架組頂部處計算變形量為 40.7 mm，觀察結構受力時之動態畫面發現，在承受側向風力作用時，僅由主骨架組及桁條向骨架所承受，內部無橫向桿件支撐外部結構情況下，變形量皆較補強模組為大，並且對於長度越長之溫室設施，受風面積越大，其應力負荷將越高，變形量也隨之越高，而當內部增加補強結構時，變形量則可有明顯之降低。本研究所設定之三種補強模組，試驗結果如表 1 顯示，以 V 形補強模組變形量 24.7 mm 為最低，抑制幅度可達 39.3 %，顯示結構耐風能力可提升達四成；而山形模組，在本試驗分析中變形量為 27.1 mm，抑制降幅約 33.4 %，為設計之三種補強模組中次低；常見之倒 T 形模組，在本試驗分析中變形量為 32.2 mm，抑制降幅約 20.9 %，為設計之三種補強模組中最低。三種溫室設施內部補強模組，可分擔及傳導受風應力，並且可提升溫室結構整體的鋼性，減少骨架位移的發生，皆可有助於耐風能力的提高。

(二)用鋼量

探討補強模組之用鋼量，試驗結果如表 2 顯示，V 形用鋼量為 3,685 kg，為全部補強模組中最高，若以鋼量增幅計算，搭建成本將增加 6.3%之材料費用;採用山形補強模組，用鋼量為 3,592 kg，鋼量增幅為 4.3 %，可得到最佳之耐風能力效果，而採用 V 形補強模組，用鋼量為 3,610 kg，鋼量增幅為 4.9 %，可得到次佳之耐風能力效果，補強模組之變形量及用鋼情況如表 2 顯示。



倒 T 型　　V 型　　山形

圖 2 補強模組

表 1 溫室結構補強模組骨架變形量

結構補強模組	骨架變形量	抑制幅度
對照組	40.7 mm	-
倒 T 形	32.2 mm	20.9%
V 形	24.7 mm	39.3%
山形	27.1 mm	33.4%

(三)補強模組效益分析

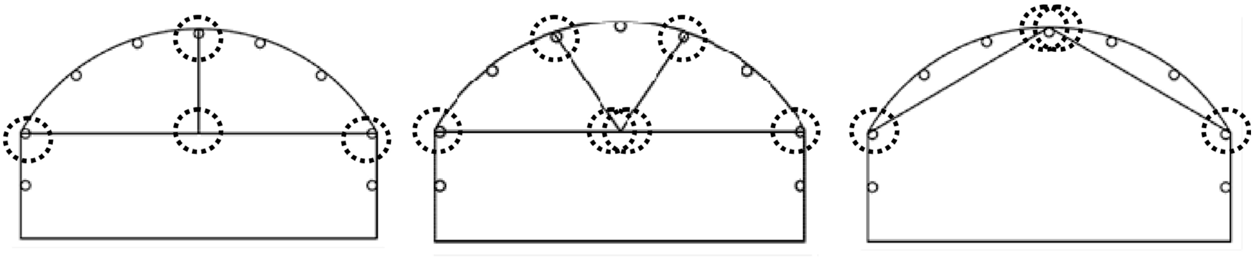
結構補強模組對於組裝及備料越容易，其建置成本越低，在管材備料部分，山形模組僅需使用相同長度管材兩支，而倒 T 型及 V 型模組則需兩種不同長度之管材各一支，而在組裝部分，山形及倒 T 型模組僅需固定四處位置，V 型結構則需固定六處位置，並且固定時係以夾片及螺絲加以鎖固，使用螺絲鎖固將造成管材於鑽孔處降伏應力下降，進而使溫室結構強度有降低之疑慮，管件長度及固定方式如圖 3 顯示，補強模組實際搭建情況如圖 4 顯示。

四、討論

溫室設施係建造於農田上，因此地基基礎可承受的負荷量與其農田土壤質地有關，當溫室設施承受風力負荷作用時，由主體骨架承受著交互作用的風壓力及拉力，其中，風壓力經由骨架承受並傳遞至地基基礎，而風拉力則係由骨架抵抗風力而拉引地基基礎，因此，當達骨架降伏強度時，將發生彎曲、斷裂等破壞情況，而當拉力大於結構自重、地基基礎容許抗拉應力等結構抵抗應力時，則設施將被風吹起毀損疑慮。分析結果中以對照組之內

表 2 溫室結構補強模組骨架變形量及用鋼情況

結構補強模組	用鋼量	鋼量增幅	鋼量增幅
對照組	3,442 kg	-	-
倒 T 形	3,610 kg	168	4.9%
V 形	3,658 kg	216	6.3%
山形	3,592 kg	150	4.3%



倒 T 型 V 型 山形

圖 3 管件長度及固定方式示意圖

倒 T 型 V 型 山形

圖 4 補強模組實際搭建情況

部無補強結構型式，為分析模組中耐風能力最低，在應用於受風地區，需適度加強結構強度，以避免結構損壞，而本研究中所設定之補強模組，在耐風能力皆有其補強效果，其中以 V 形結構之模組有相對較佳之耐風能力，惟建構成本亦是分析模組中最高。軟體分析時，係以設定穩態之風向及風力，有別於強風侵襲時，為壓力拉力交互作用之動態風向風力，因此溫室結構仍存有損毀之風險及疑慮，除進行溫室結構補強外，搭配強風來臨前的防颱措施，將有助於降低結構損毀機率。而溫室整體外型上大致相同，惟內部主骨架組間距、桁條向骨架數量、管徑厚度及外徑等因素會影響結構強度，後續可持續針對不同建構方式在耐風能力之比較分析。

參考文獻

1. 內政部營建署。2006。建築物耐風設計規範及解說。台北。

Studies on the Improvement of Wind Resistance Capacity of Taiwan Greenhouse

Chin-Yuan Chang

Assistant Agricultural Engineer, Taichung District Agricultural Research and Extension Station, COA

Abstract

Greenhouse is widely used to grow crop, Low wind-resistance capacity may be damaged by gale in Taiwan. To improve the structural resistance of the greenhouse to reduce the natural disaster loss. In this study, TAIWAN CPAMI greenhouse structure specifications were included in the analyses of wind-resistant performance of greenhouse. Three improved design models and a control structure was under comparison, the deformation of the control structure was high deformation. Deformations of the three improved type : T-type, Hill-type, and V-Type, V-type obtained the best wind-resistance capacity, The restrain of deformation was 39.3 %. Hill-type obtained the second lowest wind-resistance capacity was 33.4 %. T-type obtained the Lowest wind-resistance capacity was 20.9 %.

Keywords： Greenhouse、Structure、Typhoon、Finite element method